**Вариант 4.**

Рассчитать токи в заданной схеме методом контурных токов, методом узловых потенциалов и неизвестный ток в одной из ветвей методом эквивалентного источника. Построить векторную диаграмму токов для одного из узлов. Определить показания приборов. В ответе указать значения токов в комплексной и во временной формах.



Рисунок 1. Исходная схема.

**Дано:**



**Решение.**

1. **Составим схему замещения**. На схеме произвольно обозначим направление токов в ветвях. Расчёт выполним в комплексной форме в действующих значениях.

Частота $ω$ =1000 рад/с

 *Комплексные* сопротивления ветвей:

Z= R + j(XL+XC) , XL =$ ω\*L$ , XC =1/L\*C

$$\overline{Z1}=R1=50 Ом;$$

$$\overline{Z2}=R2+j\*ω\*L2=0+j1000\*300\*10^{-3}=300j Ом;$$

$$\overline{Z3}=j\*ω\*L3-\frac{j}{ω\*C3}=j\left(1000\*0,1-\frac{1}{1000\*10^{-4}}\right)=90j Ом;$$

$\overline{Z4}=0 Ом;$ *(т.к. L4 отсутствует по условию)*

$$\overline{Z5}=j\*ω\*L5=j\*1000\*0,05=50j Ом ;$$

$$\overline{Z6}=j\*ω\*L6-\frac{j}{ω\*C6}=j\left(1000\*0,4-\frac{1}{1000\*2\*10^{-6}}\right)=-100j Ом.(???)$$

*Комплексные* источники энергии:

J= Jm \* $e^{j\*φ}$ = 3,16\* e j288,4 = 0,9898-j3,001 A;

$$E2=E2m\*e^{jφ}=\frac{400}{\sqrt{2}}e^{j45^{0}}=282,8e^{j45^{0}}=200+j200 B;$$

$$E4=E4m\*e^{jφ}=\frac{200}{\sqrt{2}}e^{j45^{0}}=141,4e^{j45^{0}}=100+j100 B;$$

$$E5=E5m\*e^{jφ}200e^{j45^{0}}=141,4+j141,4 B.$$



Рисунок 2. Схема замещения.

На схеме 6 ветвей, 4 узла, 3 независимых контура. Выберем 3 контурных тока, причём контурный ток J3=J(через источник тока можно провести только один контурный ток. Почему выбирается J3? По определению ).

**Система уравнений методом контурных токов(по 2-му закону Кирхгофа):**

J1\*(Z2+Z5+Z6) ***+*** J2\*Z5 - J3\*Z6=E5-E2

J3\*(Z3+Z6) - J1\*Z6 = -E4

Подставляем числовые значения:

j4630\*J1-j2432\*J3= -0,1665+j0,4007

-j2432\*J1+j3059\*J3= -0,1651+j0,3514

В результате решения:

J1= -0,1665+j0,4007 A;

J2= -0,1651+j0,3514 A.

Токи в ветвях:

I2= -J=0,1665-j0,4007 A;

I3= -J3=0,1651-j0,3514 A; (Почему не –J3 - J)

I4= -J-J3= -0,8247+2,6496j A; (почему здесь так? По-моему –J3-J2)

I5=J+J1=0,8233-j2,6002 A; (По-моему J1+J2 )

I6=J1-J3= -0,0014+j0,0494 A.

**Расчёт методом узловых потенциалов.**

МУП подразумевает ,что потенциал одного из узлов берется за 0. Примем потенциал узла 4 равный нулю ϕ4=0 В. т.к. сопротивление ветви 4 нулевое то потенциал узла 3:

ϕ3=ϕ4+E4=100+j100 B.

Необходимо составить 2 уравнения для неизвестных потенциалов двух узлов.

$$\overline{φ1}\left(\frac{1}{\overline{Z2}}+\frac{1}{\overline{Z5}}\right)-\overline{φ2}\frac{1}{\overline{Z2}}-\overline{φ3}\frac{1}{\overline{Z5}}=\overline{J}-\frac{\overline{E2}}{\overline{Z2}}-\frac{\overline{E5}}{\overline{Z5}}$$

$$-\overline{φ1}\frac{1}{\overline{Z2}}+\overline{φ2}\left(\frac{1}{\overline{Z2}}+\frac{1}{\overline{Z3}}+\frac{1}{\overline{Z6}}\right)-\overline{φ3}\frac{1}{\overline{Z6}}=\frac{\overline{E2}}{\overline{Z2}}$$

Подставляем числа:

-j0,0037\*ϕ1-0,0005\*ϕ2=0,7518-j2,7628

j0,0005\*ϕ1-j0,0025\*ϕ2=0,1472-j0,1473

В результате решения:

ϕ1=775+j217,1 В;

ϕ2=220,1+j103,4 В.

Токи в ветвях:

$$\overline{I2}=\frac{\overline{φ1}-\overline{φ2}+\overline{E2}}{\overline{Z2}}=0,1665-j0,4007 A;$$

$$\overline{I3}=\frac{\overline{φ2}-\overline{φ4}}{\overline{Z3}}=0,1651-j0,3514 A;$$

$$\overline{I5}=\frac{\overline{φ1}-\overline{φ3}+\overline{E5}}{\overline{Z5}}=0,8233-j2,6002 A;$$

$$\overline{I6}=\frac{\overline{φ3}-\overline{φ2}}{\overline{Z6}}=-0,0014+j0,0494 A;$$

Ток I4 найдём по 1-му закону Кирхгофа:

I4=I6-I5= -0,0014+j0,0494-0,8233+j2,6002= -0,8247+j2,6496 A.

*Значения токов, рассчитанные методом узловых потенциалов совпали со значениями, рассчитанными методом контурных токов.*

Найдём ток I4 методом эквивалентного генератора.

Рисунок 3. Для этого найдём значение эквивалентного источника ЭДС относительно ветви 4. **Составим уравнения по законам Кирхгофа**. В полученной схеме 3 ветви 2 узла.

J-I2-I5=0

I2\*Z2-I5\*(Z5+Z6)=E2-E5

I5\*(Z5+Z6)+J(Z3+Z1)-Uj=E5

Подставляем числа:

-I2-I5= -0,9898+j3,001

I2\*j1884-I5\*j2746=58,6+j58,6

I5\*j2746-Uj= -1788-j328,6

В результате решения:

I2=0,6-j1,793 A;

I5=0,3901-j1,208 A;

Uj=5107+j1400 B.



Рисунок 3. Схема замещения для поиска Uxx.

Напряжение относительно ветви 4:

Uxx=E5+Uj-J\*Z1-I5\*Z5=

=141,4+j141,4+5107+j1400-(0,9898-j3,001)\*50-(0,8233-j2,6002)\*j314= =4819+j1569 B.

Найдём эквивалентное сопротивление относительно ветви 4.



Рисунок 4. Схема замещения для поиска Rэ.

$$\overline{Zэ}=\overline{Z3}+\frac{\overline{Z2}\*(\overline{Z5}+\overline{Z6})}{\overline{Z2}+\overline{Z5}+\overline{Z6}}=j1744 Ом$$

Получаем эквивалентную схему для расчёта тока в ветви 4, где Еэ=Uxx.



Рисунок 5. Эквивалентная схема замещения.

$$\overline{I4}=\frac{\overline{E4}+\overline{Eэ}}{\overline{Zэ}}=\frac{100+j100-4819-j1569}{j1744}=-0,8423+j2,7006 A$$

Построим векторную диаграмму комплексов действующих значений токов для узла 1. Масштаб Mi=2A/см.



Рисунок 6. Векторная диаграмма.

Т.к. расчёт произведён в действующих значениях, то показания амперметра:

$$I\_{A}=\sqrt{Re(\overline{I2})^{2}+Im(\overline{I2})^{2}}=\sqrt{0,1665^{2}+(-0,4007)^{2}}=0,434 A$$

Для расчёта показаний вольтметра найдём напряжение на источнике тока для первоначальной цепи рисунок 2.

Uj=E4-E5+J\*Z1+I5\*Z5=

=100+j100-141,4-j141,4+(0,9898-j3,001)\*50+0,8233-j2,6)\*j314=824,5+j67,07 B

$$U\_{V}=\sqrt{Re\left(\overline{Uj}\right)^{2}+Im\left(\overline{Uj}\right)^{2}}=\sqrt{824,5^{2}+\left(67,07\right)^{2}}=826,7 A$$

**Ответ:**

Запишем значения искомых токов в комплексной форме:

I2=0,1665-j0,4007=0,434e –j67,5 A;

I3=0,1651-j0,3514=0,3883e –j64,9 A;

I4=-0,8247+2,6496=2,775e j107,3 A;

I5=0,8233-j2,6002=2,727e –j72,5 A;

I6= -0,0014+j0,0494=0,05e j141,4 A.

Значения токов для мгновенной формы:

i2(t)=I2\*√2\*sin(103t-67,50)=0,6138\*sin(103t-67,50) A;

i3(t)=I3\*√2\*sin(103t-64,90)=0,5491\*sin(103t-64,90) A;

i4(t)=I4\*√2\*sin(103t+107,30)=3,924\*sin(103t+107,30) A;

i5(t)=I5\*√2\*sin(103t-72,50)=3,857\*sin(103t-72,50) A;

i6(t)=I6\*√2\*sin(103t+141,40)=0,0707\*sin(103t+141,40) A;